



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Innovative varme- og kølesystemer

Johra, Hicham

Published in:
H V A C Magasinet

Publication date:
2020

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Johra, H. (2020). Innovative varme- og kølesystemer. *H V A C Magasinet*, (October 2020), 36-39.
<http://ipaper.ipapercms.dk/TechMedia/HVACMagasinet/2020/?page=36>

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Innovative varme- og kølesystemer

Den stigende interesse for energieffektive varmeanlæg samt det voksende marked for aircondition, skaber et behov for nye og omkostningseffektive varme- og kølesystemer. I de senere år er det lykkedes at bygge og teste flere prototyper af magnetokaloriske varmepumper. De udviser en yderst lovende ydeevne

Af Hicham Johra, postdoctoral researcher, Aalborg Universitet, Institut for Byggeri, By og Miljø

I de fleste udviklede lande står bygningssektoren for den største andel af det samlede energiforbrug. I Europa udgør energibehovet i bygninger 40 procent af det totale energiforbrug. Derudover udgør energibehovet til rumopvarmning 75 procent af bygningens samlede energibehov i områder med kolde vintre.

Derimod er energiforbruget til bygningskøl det hurtigst voksende blandt bygningens forskellige energibehov. Grundet den globale opvarmning, byvarmeøer i fortættende storbyområder, stigning i køb af strøm, og skærpelse af krav i standarder for indeklimakomfort, stiger kølebehovet kraftigt i hele verden, især i tæt befolkede lande med varme somre såsom Kina, Indien og Indonesien. Det Internationale Energiagentur (IEA) har anslået, at aircondition køleanlæg udgør op mod 20 procent af det totale elforbrug i bygninger i dag. Energiforbruget til køling kan blive tredoblet frem til år 2050 med køleanlæg i op til 2/3 af alle husholdninger.

Som følge af denne udvikling, er det nødvendigt at udvikle energieffektive varme- og kølesystemer, der kan formindske det totale energibehov markant og håndtere de klimaproblemer, som vores samfund står overfor.

Konventionelle varmepumper

En varmepumpe er et aggregat, der bevæger varme fra en varmekilde til en varmeafgiver, som har en højere temperatur

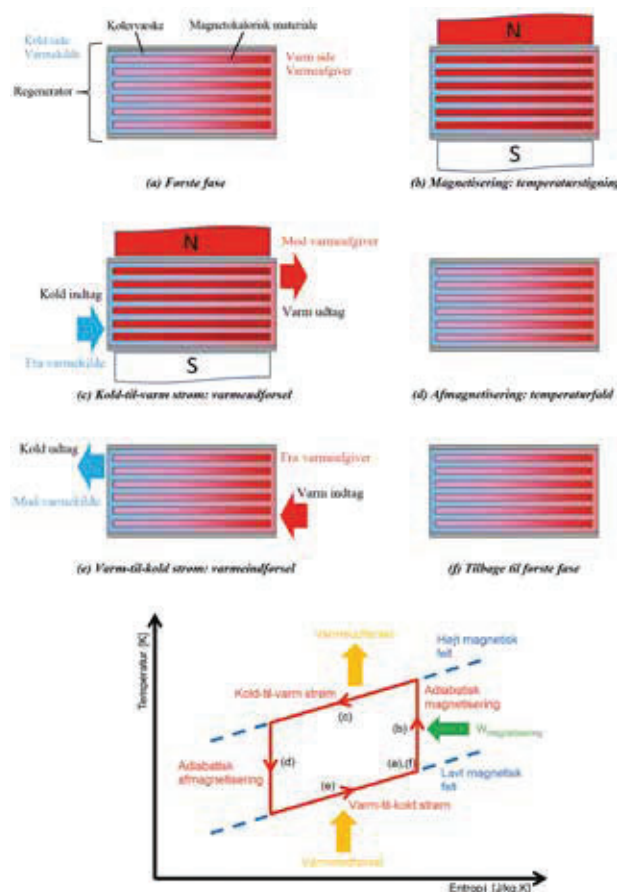
end varmekilden. Dette er en meget praktisk måde at køle på (som i et køleskab eller en aircondition), men det kan også bruges til at opvarmning af bygninger eller varmt brugsvand. Den største fordel ved varmepumper er, at de har en høj virkningsgrad. Typisk har varmepumper en virkningsgrad mellem 3-5, hvilket betyder, at 1 kWh tilført elektricitet kan producere 3-5 kWh varme eller køling, hvorimod elkedler, gas- eller oliefyr kun kan pro-

ducere mellem 0,8-1,0 kWh varme. Altså bruger varmepumper 3-5 gange mindre energi end elkedler, gas- eller oliefyr.

For at udføre varmeoverførelsen bruger konventionelle varmepumper en dampkomprimerende termodynamisk cyklus: en væske (køler væsken) bliver komprimeret eller ekspanderet (hvilket øger eller sænker væskens temperatur) og cirkulerer mellem varmekilden og varmeafgiveren. Denne teknologi er på nuværende tidspunkt en af de bedste måder at levere omkostningseffektiv varme og køling til bygninger. Dog udviser de køler væsker, der bruges i de dampkomprimerende varmepumper, negative konsekvenser for miljøet, da de enten er brændbare, eksplosive, giftige eller bidrager til drivhuseffekten.

Innovative varmepumpesystemer baseret på den kaloriske effekt

Mange innovative teknologier vurderes på nuværende tidspunkt som værende realistiske alternativer til levering af varme og køling frem for de konventionelle dampkomprimerende systemer. Blandt dem bliver der lagt stigende fokus på udnyttelsen af den kaloriske effekt i bestemte faste kølemidler. Den kaloriske effekt er et fysisk fænomen, der forekommer i specifikke materialer, hvilket resulterer i en ændring af temperatur (opvarmning el-



Figur 1. Den aktive magnetiske regenerators termodynamiske cyklus for den magnetokaloriske varmepumpe.

ENTRADE™

Stedet hvor den professionelle kølemontør og installatør af varmepumper og komfortkøl køber sit tilbehør for at kunne lave en pæn og perfekt installation ude og inde.

DET SIKRE VALG



DEN STØJSVAGE INSTALLATION



► **Innovative varme-...**
Fortsat

ler nedkøling), når en af de nedstående parametre i det omkringliggende miljø ændres:

- Elektrokalorisk effekt: temperaturændring grundet variation af det elektriske felt.
- Barokalorisk effekt: temperaturændring grundet variation af trykket.
- Elastokalorisk effekt: temperaturændring grundet variation af den mekaniske spænding (udstrækning eller sammenpresning).
- Magnetokalorisk effekt: temperaturændring grundet variation af det magnetiske felt.

Ligesom for den dampkomprimerende termodynamiske cyklus kan disse kaloriske effekter bruges til at overføre ter-

misk energi og derved producere brugbar varme- og køleeffekt. Dog har aggregater, der er baseret på kaloriske effekter, potentialet til at opnå en højere virkningsgrad end konventionelle varmepumper. Derudover kræver de ikke skadelige kølevæsker, og de har tilmed et lavt støjniveau.

Disse teknologier er på mange forskellige stadier i deres udvikling. På nuværende tidspunkt fokuserer de fleste studier på magnetokaloriske aggregater. Dog er flere forskningsgrupper de senere år begyndt at undersøge og udvikle prototyper på elastokaloriske varmepumper.

De magnetokaloriske varmepumper

Den nuværende magnetokaloriske varmepumpeteknologi består af den termodynamiske cyklus benævnt "Active Magnetic Regenerator" (AMR). Denne cyklus blev udviklet og patenteret i 1982 af John A. Barclay

og William A. Steyert, og den benytter magnetokaloriske materialer (materialer der oplever den magnetokaloriske effekt) som et kølemiddel på fast form og termisk regenerator. Det magnetokaloriske materiale (såsom Gadolinium) opbevares som et porøst medie (tætpakket kuglebundet eller parallel plade matrix) i et regeneratorhylster, som tillader 2-vejs cirkulation af kølevæsken gennem sig. Kølevæsken består typisk af en vandbaseret lage. Dette sikrer, at overførslen af den termiske energi sker fra den kolde side (varmekilden) til den varme side af systemet (varmeafgiveren). Den veksellende aktivering og deaktivering af den magnetokaloriske effekt i det faste kølemiddel opnås ved magnetisering og afmagnetisering af regeneratoren med et ydre magnetisk felt, som for eksempel skabes af en elektromagnet eller en permanent roterende magnet. Figur 1 på side 36 illustrerer i

detaljer de forskellige processer i den termodynamiske AMR-cyklus. Figur 1 (a): I begyndelsen af cyklussen er der en temperaturforskel inde i regeneratoren, hvilket forekommer, inden magnetfeltet bliver aktivt. Figur 1 (b): Cyklussen starter med en magnetisering af det magnetokaloriske materiale, hvilket fører til en temperaturstigning i regeneratoren. Det opvarmede magnetokaloriske materiale overfører termisk energi til kølevæsken. Figur 1 (c): Væsken strømmer nu fra den kolde side til den varme side af systemet (kold til varm strøm). Den varmere væske cirkulerer ind til varmeafgiveren og afgiver sin varme. Den koldere væske, som kommer fra varmekilden, køler regeneratoren ned. Figur 1 (d): Det magnetiske felt forsvinder, hvilket fører til afmagnetisering af det magnetokaloriske materiale, og derved falder temperaturen. Dette resulterer i, at kølevæsken bliver yderligere nedkølet.



Bruger kun salt,
vand og strøm

Sikker forebyggelse af Legionella

- | | |
|------------------|----------------|
| ✓ Kemikaliefri | ✓ Driftssikker |
| ✓ Bæredygtig | ✓ Økonomisk |
| ✓ Fjernovervåget | ✓ Enkel |





"MagQueen": prototype af den magnetokaloriske varmepumpe, som er designet til at levere rumopvarmning til et lavenergiefamilieshus i Danmark (ENOVHEAT-projekt).

Figur 1 (e): Til sidst i cyklussen løber væsken tilbage fra den varme side til den kolde side af systemet (varm til kold strøm). Den køligere væske cirkuleres ind til varmekilden, hvorfra der overføres varme. Den opvarmede væske, der kommer fra varmeafgiveren, genopvarmer det magnetokaloriske materiale inde i regeneratoren (varmeregenerering). Figur 1 (f): Når væskens strømning stopper, er processen tilbage til starten af AMR-cyklussen.

Den mest energieffektive

AMR-processen anses for at producere den mest energieffektive termodynamiske cyklus for magnetiske opvarmnings- og kølingsaggregater. Det muliggør ligeledes en temperaturforskel mellem varmekilden og varmeafgiveren, der er betydeligt større end temperaturændringen, der produceres af den magnetokaloriske effekt alene. Siden 1980'erne har adskillige laboratorier udviklet innovative varmepumper, der udnytter den magnetokaloriske effekt til at producere opvarmning og køling. Ydeevnen for disse prototyper er lovende med en gradvis forbedring af deres virkningsgrad (som nu er sammenlignelig med de konventionelle dampkomprimerende systemer) og nominelle effekt. Studier viser, at det er

muligt at integrere en magnetokalorisk varmepumpe i en bygning og levere behovet til rumopvarmning og varmt brugsvand.

Trods at det er en lovende teknologi og et godt stykke ingeniørarbejde, så skal de magnetokaloriske varmepumper stadig bevise deres konkurrencedygtighed mod den etablerede teknologi af dampkomprimerende systemer. Den største udfordring ligger i udviklingen af billige magnetokaloriske materialer og optimeringen af flere nøglekomponenter, såsom den roterende magnetsamling samt varmevekslerne.

Referencer:

Denne artikel er baseret på to peer-reviewed forskningsartikler offentliggjort i internationale videnskabelige tidsskrifter:

H. Johra, K. Filonenko, P. Heiselberg, C. Veje, T. Lei, S. Dall'Olio, K. Engelbrecht, C. Bahl. Integration of a magnetocaloric heat pump in a low-energy residential building. *Building Simulation* 11 (2018) 753-763. <https://doi.org/10.1007/s12273-018-0428-x>.

H. Johra, K. Filonenko, P. Heiselberg, C. Veje, S. Dall'Olio, K. Engelbrecht, C. Bahl. Integration of a magnetocaloric heat pump in an energy flexible residential building. *Renewable Energy* 136 (2019) 115-126. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.12.102>.

Maksimal sikkerhed og effektivitet

COOL-FIT 4.0: præisoleret rørsystem – et teknologispring for køling af mad og drikkevarer

- + 100 % korrosions- og vedligeholdelsesfrit system
- + 50 % hurtigere installation end ikke præisoleret systemer*
- + 30 % højere energi-effektivitet
- + 100 % baseret på ELGEF Plus elektrosvejseteknologien



www.coolfit-4.gfps.com/da/

*Alle sammenligninger med rørsystemer i metal, som derefter blev isoleret med et gummibaseret skum.